

THREE-DIMENSIONAL MEASURING DEVICE

Publication number: JP9325019

Publication date: 1997-12-16

Inventor: NORITA TOSHIO (JP); UCHINO HIROSHI (JP); JOKO TAKUTO (JP); IDE EIICHI (JP)

Applicant: MINOLTA CO LTD (JP)

Classification:

- International: G01B11/24; G06T1/00; G06T7/00; G01B11/24; G06T1/00; G06T7/00; (IPC1-7): G01B11/24; G06T7/00

- European:

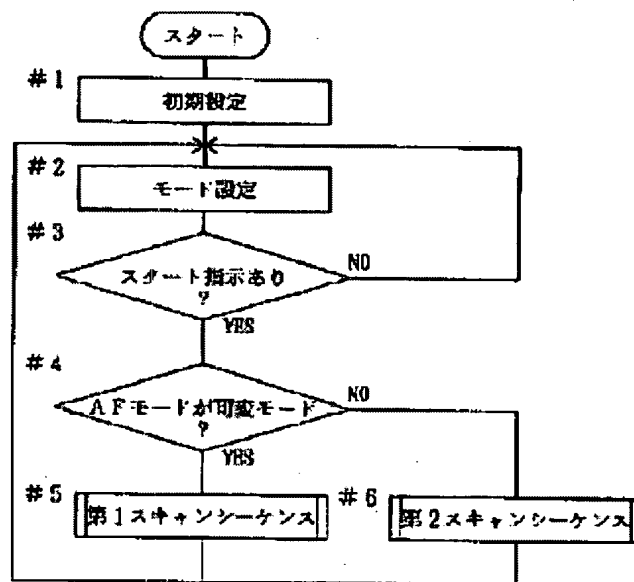
Application number: JP19960142831 19960605

Priority number(s): JP19960142831 19960605

Report a data error here

Abstract of JP9325019

PROBLEM TO BE SOLVED: To expand the application range of measurement by providing a function which allows a range finder to perform measurement cyclicly. **SOLUTION:** When a power is tuned on, control parameters including bits of a CTRL register are set initially, and a mode is set according to the command from a host. When an instruction to start operation is received, the measurement starts. In the first scanning sequence, a passive AF starts and the position of a focusing lens is adjusted corresponding to the relative movement of an object to a three-dimensional camera. Scanning processing is executed to obtain a distance picture, and the passive AF starts again after the scanning is completed. After the command input and its operation starts, its completion is checked for appropriateness by confirming whether the input count value of frame synchronization signal reaches the set value. In the case of one-shot mode or when the completion instruction is received in continuous mode, the operation returns to main routine.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-325019

(43) 公開日 平成9年(1997)12月16日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

序内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 1 B 11/24

C 0 1 B 11/24

K

G 0 6 T 7/00

C 0 6 F 15/62

4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-142831

(22) 出願日 平成8年(1996)6月5日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 棚田 寿夫

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 内野 浩志

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 久保 幸雄

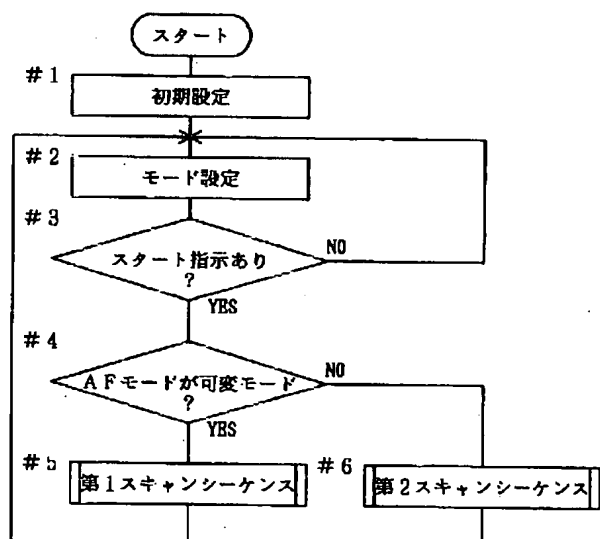
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元計測装置

(57) 【要約】

【課題】周期的に計測を行い且つ用途に適した条件設定動作を行う3次元計測装置を提供する。

【解決手段】検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置において、計測環境を測定する予備測定手段と、予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを設け、周期的に計測する連続計測モードを設け、さらに連続計測モードにおける制御手段の動作モードの選択肢として、各回の計測条件を最初の計測時に設定した計測条件に固定する第1モードと、各回の計測条件を計測毎に新たに測定された計測環境に応じて設定する第2モードとを設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置であって、計測環境を測定する予備測定手段と、前記予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを有し、周期的に計測する連続計測モードが設けられ、さらに、連続計測モードにおける前記制御手段の動作モードの選択肢として、各回の計測条件を最初の計測時に設定した計測条件に固定する第1モードと、各回の計測条件を計測毎に新たに測定された計測環境に応じて設定する第2モードと、が設けられたことを特徴とする3次元計測装置。

【請求項2】検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置であって、計測環境を測定する予備測定手段と、前記予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを有し、周期的に計測する連続計測モードが設けられ、連続計測モードにおいて、前記制御手段は、各回の計測条件を最初の計測時に設定した計測条件に固定することを特徴とする3次元計測装置。

【請求項3】検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置であって、計測環境を測定する予備測定手段と、前記予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを有し、周期的に計測する連続計測モードが設けられ、連続計測モードにおいて、前記制御手段は、各回の計測条件を計測毎に新たに測定された計測環境に応じて設定することを特徴とする3次元計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体にスリット光に代表される検出光を照射して物体形状を非接触で計測する3次元計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】レンジファインダと呼称される非接触型の3次元計測装置（3次元カメラ）は、接触型に比べて高速の計測が可能であることから、CGシステムやCADシステムへのデータ入力、身体計測、ロボットの視覚認識などに利用されている。

【0003】レンジファインダに好適な計測方法としてスリット光投影法（光切断法ともいう）が知られてい

る。この方法は、物体を光学的に走査して三角測量の原理に基づいて距離画像（3次元画像）を得る方法であり、検出光を照射して物体を撮影する能動的計測方法の一種である。距離画像は、物体上の複数の部位の3次元位置を示す画素の集合である。スリット光投影法では、検出光として断面が直線状のスリット光が用いられる。スリット光に代えて、スポット光、ステップ光、濃度パターン光などを照射する光投影法も知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】レンジファインダに周期的に計測を行う機能を設けることにより、3次元計測の応用範囲が広がる。例えば工場の生産ラインにおける物品の形状検査、移動ロボットの視覚認識、警備の監視システムなどの実用性を高めることができる。周期的な3次元計測で得られた時系列の複数の距離画像を比較すれば、物体の前後移動と形状変化とを容易に見分けることができる。

【0005】本発明は、周期的に計測を行い且つ用途に適した条件設定動作を行う3次元計測装置の提供を目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】周期的に計測を行う際に、計測条件を一定に保つ方が望ましい場合と、計測の都度にその時点の計測環境に適した計測条件を設定する方が望ましい場合とがある。例えば、前者には工場の製品検査があり、後者には移動ロボットの視覚認識がある。計測条件を固定すれば時系列の計測データの取扱いが容易になり、可変とすれば計測環境の変化に係わらず適正な計測データが得られる。計測環境とは、物体との距離、物体の材質（反射率）、環境光といった計測領域の状態である。計測条件としては、検出光の投射角度範囲、検出光の強度、フォーカシング状態などを挙げることができる。

【0007】計測条件を固定とするモードと、可変とするモードとをユーザーが選択できるようにすれば、装置の汎用性は高まる。一方、モードを限定すれば、コスト面で有利となる。

【0008】請求項1の発明の装置は、検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置であって、計測環境を測定する予備測定手段と、前記予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを有し、周期的に計測する連続計測モードが設けられ、さらに、連続計測モードにおける前記制御手段の動作モードの選択肢として、各回の計測条件を最初の計測時に設定した計測条件に固定する第1モードと、各回の計測条件を計測毎に新たに測定された計測環境に応じて設定する第2モードと、が設けられたものである。

【0009】請求項2の発明の装置は、検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置であって、計測環境を測定する予備測定手段と、前記予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを有し、周期的に計測する連続計測モードが設けられ、連続計測モードにおいて、前記制御手段は、各回の計測条件を最初の計測時に設定した計測条件に固定するように構成されている。

【0010】請求項3の発明の装置は、検出光を照射して物体を光学的に走査するための投光手段と、前記物体で反射した前記検出光を受光する撮像手段とを有し、光投影法によって物体形状を計測する3次元計測装置であって、計測環境を測定する予備測定手段と、前記予備測定手段によって測定された計測環境に応じて計測条件を設定する制御手段とを有し、周期的に計測する連続計測モードが設けられ、連続計測モードにおいて、前記制御手段が、各回の計測条件を計測毎に新たに測定された計測環境に応じて設定するように構成されている。

【0011】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る計測システム1の構成図である。計測システム1は、スリット光投影法によって立体計測を行う3次元カメラ（レンジファインダ）2と、3次元カメラ2の出力データを処理するホスト3とから構成されている。

【0012】3次元カメラ2は、物体Q上の複数のサンプリング点の3次元位置を特定する計測データ（距離画像）とともに、物体Qのカラー情報を示す2次元画像及びキャリブレーションに必要なデータを出力する。三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める演算処理はホスト3が担う。

【0013】ホスト3は、CPU3a、ディスプレイ3b、キーボード3c、及びマウス3dなどから構成されたコンピュータシステムである。CPU3aには計測データ処理のためのソフトウェアが組み込まれている。ホスト3と3次元カメラ2との間では、オンライン形態のデータ受渡しが行われる。

【0014】図2は3次元カメラ2の外観を示す図である。ハウジング20の前面に投光窓20a及び受光窓20bが設けられている。投光窓20aは受光窓20bに対して上側に位置する。内部の光学ユニットOUが射出するスリット光（所定幅wの帯状のレーザビーム）Uは、投光窓20aを通過して計測対象の物体（被写体）に向かう。スリット光Uの長さ方向M1の放射角度 ϕ は固定である。物体の表面で反射したスリット光Uの一部が受光窓20bを通過して光学ユニットOUに入射する。光学ユニットOUは、投光軸と受光軸との相対関係を適正化するための2軸調整機構を備えている。

【0015】ハウジング20の上面には、ズーミングボ

タン25a、25b、手動フォーカシングボタン26a、26b、及びスタート/ストップボタン27が設けられている。図2(b)のように、ハウジング20の背面には、液晶ディスプレイ21、カーソルボタン22、セレクトボタン23、キャンセルボタン24、アナログ出力端子31、32、及びデジタル出力端子33が設けられている。アナログ出力端子31からは計測データとして距離画像DGが出力され、アナログ出力端子32からは2次元画像DMが出力される。アナログ信号の出力形式は例えばNTSC形式である。デジタル出力端子33は例えばRS232-C端子であり、撮影条件データDSの出力に用いられる。

【0016】液晶ディスプレイ（LCD）21は、操作画面の表示手段及び電子ファインダとして用いられる。撮影者は背面の各ボタン22～24によって撮影モードの設定を行うことができる。

【0017】図3は3次元カメラ2の機能構成を示すブロック図である。図中の実線矢印は電気信号の流れを示し、破線矢印は光の流れを示している。3次元カメラ2は、上述の光学ユニットOUを構成する投光側及び受光側の2つの光学系40、50を有している。光学系40において、半導体レーザ（LD）41が射出する波長670nmのレーザビームは、投光レンズ系42を通過することによってスリット光Uとなり、ガルバノミラー（走査手段）43によって偏向される。半導体レーザ41のドライバ44、投光レンズ系42の駆動系45、及びガルバノミラー43の駆動系46は、システムコントローラ61によって制御される。

【0018】光学系50において、ズームユニット51によって集光された光はビームスプリッタ52によって分光される。半導体レーザ41の発振波長帯域の光は、計測用のセンサ53に入射する。可視帯域の光は、モニタ用のカラーセンサ54に入射する。センサ53及びカラーセンサ54は、どちらもCCDエリアセンサである。ズームユニット51は内焦型であり、入射光の一部がオートフォーカシング（AF）に利用される。AF機構は、一眼レフカメラで採用されているパッシブ方式であり、AFセンサ57とレンズコントローラ58とフォーカシング駆動系59とから構成されている。ズーミング駆動系60は電動ズーミングのために設けられている。AFセンサ57によるパッシブ方式の測距には、後述するアクティブ方式の測距と比べて、測定可能な距離範囲が広く短い周期で測定を繰り返すことができるという利点がある。しかし、パッシブ方式の測距精度（分解能）は十分ではない。

【0019】センサ53による撮像情報は、ドライバ5からクロックに同期して出力処理回路62へ転送される。出力処理回路62によってセンサ53の各画素毎に対応するスリットデータが生成され、メモリ63に格納される。その後、スリットデータはメモリ63から読

み出されて重心演算回路64に送られる。重心演算回路64は、スリットデータに基づいて高分解能の距離画像を生成する。距離画像は、NTSC変換回路65を経て、計測データとしてフレーム同期の映像信号の形式でオンライン出力される。重心演算回路64には、システムコントローラ61による制御のためのビットデータ(GCALC)を格納するCTRLレジスタR1が設けられている。

【0020】一方、カラーセンサ54による撮像情報は、ドライバ56からのクロックに同期してカラー処理回路67へ転送される。カラー処理を受けた撮像情報(2次元画像DM)は、NTSC変換回路70及びアナログ出力端子32を経てオンライン出力される。2次元画像DMは、センサ53による距離画像と同一の画角のカラー画像であり、ホスト3側におけるアプリケーション処理に際して参考情報として利用される。

【0021】なお、システムコントローラ61は、キャラクタジェネレータ71に対して、LCD21の画面上にその時点の動作状態に応じた適切な文字・記号を表示するための指示を与える。

【0022】図4は計測システム1における3次元位置の算出の原理図である。センサ53の撮像面S2上で複数画素分となる比較的幅の広いスリット光Uを物体Qに照射する。具体的にはスリット光Uの幅を5画素分とする。スリット光Uは、サンプリング周期毎に撮像面S2上で1画素ピッチpvだけ移動するように上から下に向かって偏向され、それによって物体Qが走査される。サンプリング周期毎にセンサ53から1フィールド分の光電変換情報が出力される。

【0023】撮像面S2の1つの画素gに注目すると、走査中に行うN回のサンプリングの内の5回のサンプリングにおいて有効な受光データが得られる。これら5回の受光データに対する補間演算によって、注目画素gがにらむ範囲の物体表面agをスリット光Uの光軸が通過するタイミング(時間重心Npeak: 注目画素gの受光量が最大となる時刻)を求める。図4(b)の例では、n回目とその1つ前の(n-1)回目の間のタイミングで受光量が最大である。求めた時間重心Npeakにおけるスリット光の照射方向と、注目画素に対するスリット光の入射方向との関係に基づいて、物体Qの位置(座標)を算出する。これにより、撮像面の画素ピッチpvで規定される分解能より高い分解能の計測が可能となる。なお、スリット光の照射方向は、照射開始方向と偏向角速度とが既知であれば、時間重心Npeakによって一義的に特定される。また、入射方向はセンサ53と受光レンズとの位置関係情報によって特定される。

【0024】注目画素gの受光量は物体Qの反射率に依存する。しかし、5回のサンプリングの各受光量の相対比は受光の絶対量に係わらず一定である。つまり、物体色の濃淡は計測精度に影響しない。

【0025】本実施形態の計測システム1では、3次元カメラ2の重心演算回路64によってセンサ53の画素g毎に時間重心Npeakが算出され、有効画素数の時間重心Npeakが距離画像としてNTSC形式でホスト3へ伝送される。これにより、5フィールド分の受光データをホスト3へ送ってホスト3の側で時間重心Npeakを求める場合と比べて、伝送データ量が大幅に少なくなり、アナログ信号によるシリアル伝送の所要時間を短縮することができる。なお、時間重心Npeakから物体の座標を求めるのに必要な撮影条件及び装置条件は、距離画像の伝送と並行してディジタル出力端子33を介してホスト3へ伝送される。

【0026】図5は出力処理回路62及びメモリ63のブロック図、図6はセンサ53の読出し範囲を示す図である。出力処理回路62は、センサ53の出力する光電変換信号を8ビットの受光データに変換するAD変換部620、直列接続された4つのディレイメモリ621~624、コンパレータ626、及び、フィールド番号(サンプリング番号)FNを指し示すジェネレータ627から構成されている。メモリ63は、有効な5フィールド分の受光データ(スリットデータ)を記憶するための5つのメモリバンク63A~E、受光データが最大となるフィールド番号FNを記憶するためのメモリバンク63F、及びメモリバンク63A~Fのアドレス指定などを行う図示しないメモリ制御手段から構成されている。各メモリバンク63A~Eは、計測のサンプリング点数(つまり、センサ53の有効画素数)と同数の受光データを記憶可能な容量をもつ。

【0027】4つのディレイメモリ621~624でデータ遅延を行うことにより、個々の画素gについて5フィールド分の受光データを同時にメモリバンク63A~Eに格納することが可能になっている。なお、センサ53における1フィールドの読出しは、撮像面S2の全体ではなく、高速化を図るために図6のように撮像面S2の一部の有効受光領域(帯状画像)Aeのみを対象に行われる。有効受光領域Aeはスリット光Uの偏向に伴ってフィールド毎に1画素分だけシフトする。本実施形態では、有効受光領域Aeのシフト方向の画素数は32に固定されている。CCDエリアセンサの撮影像の一部のみを読み出す手法は、特開平7-174536号公報に開示されている。

【0028】AD変換部620は、1フィールド毎に32ライン分の受光データD620を画素gの配列順にシリアルに出力する。各ディレイメモリ621~624は、31(=32-1)ライン分の容量をもつFIFOである。

【0029】AD変換部620から出力された注目画素gの受光データD620は、2フィールド分だけ遅延された時点で、コンパレータ626によって、メモリバンク63Cが記憶する注目画素gについての過去の受光デ

ータD620の最大値と比較される。遅延された受光データD620（ディレイメモリ622の出力）が過去の最大値より大きい場合に、その時点のAD変換部620の出力及び各ディレイメモリ621～624の出力が、メモリバンク63E、63D、63C、63B、63Aにそれぞれ格納され、メモリバンク63A～Eの記憶内容が書換えられる。これと同時にメモリバンク63Fには、メモリバンク63Cに格納する受光データD620に対応したフィールド番号FNが格納される。

【0030】すなわち、 n 番目（ $n < N$ ）のフィールドで注目画素 g の受光量が最大になった場合には、メモリバンク63Aに（ $n-2$ ）番目のフィールドのデータが格納され、メモリバンク63Bに（ $n-1$ ）番目のフィールドのデータが格納され、メモリバンク63Cに n 番目のフィールドのデータが格納され、メモリバンク63Dに（ $n+1$ ）番目のフィールドのデータが格納され、メモリバンク63Eに（ $n+2$ ）番目のフィールドのデータが格納され、メモリバンク63Fに n が格納される。

【0031】図7は重心演算回路64のブロック図である。重心演算回路64は、5個の掛算器641～645、計3個の加算器646～648、除算器649、及び遅延回路640を有している。（ $n-2$ ）～（ $n+2$ ）の5つのフィールド番号（つまりサンプリング時刻）にそれぞれ-2、-1、0、1、2の重みを付け、各メモリバンク63A～Eからの受光データに対する加重平均演算を行う。除算器649の出力である加重平均値は、 n 番目のサンプリング時刻と時間重心 N_{peak} との時間的ズレ量である〔図4（b）参照〕。この時間的ズレ量と、メモリバンク63Fからのフィールド番号FNとを加算すれば、時間重心 N_{peak} が求まる。遅延回路640は、時間的ズレ量と同時にフィールド番号FNを加算器648に入力するために設けられており、加重平均演算の所要時間分だけフィールド番号FNを遅延させる。

【0032】メモリバンク63A～Fから各画素に対応したデータを順に読み出して重心演算回路64に入力することにより、1回分の計測情報である距離画像DGが生成される。距離画像DGは、例えば1秒間に30回の周期で繰り返し出力される。

【0033】次に、3次元カメラ2による計測の基本手順を説明する。計測システム1では、3次元カメラ2と計測対象との配置関係が可変である。つまり、ユーザーは撮影距離やアングルを用途に応じて適宜変更することができる。このため、計測に先立って、計測対象との配置関係を調べて撮影条件を設定する前処理（撮影準備）が自動的に行われる。

【0034】図8は光学系の各点と物体Qとの関係を示す図である。3次元カメラ2に対して、直接の操作又はホスト3による遠隔操作でズームの指示が与えられ

ると、ズームユニット51のバリエータ部が移動するとともにフォーカシング部の移動によるフォーカシングが行われる。フォーカシングの過程でおおよその対物間距離 d_0 が測定される。このような受光系のレンズ駆動に呼応して、投光側のバリエータレンズの移動量の演算が行われ、演算結果に基づいてレンズ移動制御が行われる。ただし、撮影中は、レンズ移動によって撮影条件が変わるのを避けるため、ズーム及びフォーカシングが禁止される。

【0035】システムコントローラ61は、レンズコントローラ58を介して、フォーカシング駆動系59のエンコード出力（繰り出し量 E_d ）及びズーム駆動系60のエンコード出力（ズーム刻み値 f_p ）を読み込む。システムコントローラ61の内部において、歪曲収差テーブル、主点位置テーブル、及び像距離テーブルが参照され、繰り出し量 E_d 及びズーム刻み値 f_p に対応した撮影条件データがホスト2へ出力される。ここでの撮影条件データは、前側主点位置、像距離などである。

【0036】また、システムコントローラ61は、半導体レーザ41の出力（レーザ強度）及びスリット光Uの偏向条件（投射開始角、投射終了角、偏向角速度）を算定する。

【0037】まず、おおよその対物間距離 d_0 に平面物体が存在するものとして、センサ53の中央で反射光を受光するように投射角を設定する。次にレーザ強度を算定する。人体に対する安全を考慮して最小強度で半導体レーザ41をパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。このときの投射角は先に対物間距離 d_0 に基づいて設定した角度である。取り込んだ信号と適正レベルとの比を算出し、仮のレーザ強度を設定する。設定した仮のレーザ強度で再びパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。センサ53の出力が許容範囲内の値となるまで、レーザ強度の仮設定と適否の確認とを繰り返す。なお、最大強度で点灯しても受光量が不十分である場合は、センサ53の電荷蓄積時間を延長する露出制御を行う。

【0038】続いて、スリット光Uの投射角と受光位置とから三角測量法により対物間距離 d を決定する。そして、最後に、決定された対物間距離 d に基づいて、偏向条件を算出する。偏向条件の算定に際しては、対物間距離 d の測距基準点である受光系の後側主点 H' と投光の起点Aとのオフセット d_{off} を考慮する。また、走査方向の端部においても中央部と同様の計測可能距離範囲 d' を確保するため、所定量（例えば8画素分）のオーバーキャンを行うようにする。投射開始角 $th1$ 、投射終了角 $th2$ 、偏向角速度 ω は、次式で表される。

【0039】 $th1 = \tan^{-1} \{ (\beta \times p_v (np/2 + 8) + L) / (d + d_{off}) \} \times 180 / \pi$
 $th2 = \tan^{-1} \{ -\beta \times p_v (np/2 + 8) + L \} / (d + d_{off}) \} \times 180 / \pi$

$$\omega = (th1 - th2) / np$$

β : 撮像倍率 (= $d / \text{実効焦点距離 } f_{\text{real}}$)

p_v : 画素ピッチ

np : 撮像面S2の水平方向の有効画素数

L : 基線長

このようにして算出された条件の下で実際の計測が行われ、センサ53の仕様を含む装置情報及び撮影条件が距

離画像DGとともに3次元カメラ2からホスト3へ伝送される。ただし、後述のコンティニユアスモードにおいては、初回の計測時のみに装置情報が伝送される。表1は3次元カメラ2がホスト3へ送る主なデータをまとめたものである。

【0040】

【表1】

データの内容		データレンジ
計測データ	距離画像 (アナログビデオ信号)	
撮影条件	像距離 b 前側主点位置 FH 投射開始角度 $th1$ 偏向角速度 ω	0.00~300.00
装置情報	計測の画素数 (X, Y方向) センサ画素ピッチ p_u, p_v 投光系姿勢 (X, Y, Z軸周り) 投光系姿勢 (X, Y, Z軸方向) レンズ歪み補正係数 $d1, d2$ センサ中心画素 $u0, v0$	1~ ~0.00516 ~ 0.00~±90.00 0.00~±300.00 0.00~256.00
2次元画像	アナログビデオ信号 (カラー)	

【0041】以下、計測システム1の動作をさらに詳しく説明する。3次元カメラ2の動作は、スタート指示に呼応して1回だけ計測を行うワンショットモードと、スタート指示を受けた後にストップ指示がなされるまで周期的に計測を行うコンティニユアスモード (連続撮影モード) とに大別される。

【0042】コンティニユアスモードにおけるAFモードとして、可変モードと固定モードとがある。可変モードは、計測中を除く期間において、AFセンサ57の出力に応じてフォーカシングを行うモードである。固定モードは、初回の計測時のみにおいてフォーカシングを行うモードである。どちらのモードであってもAFセンサ

57による対物間距離の測定は計測中を含めて恒常的に実施される。撮影の倍率が高い場合 (テレ状態) では、ピントずれが生じ易いので、鮮明な距離画像を得る上で可変モードが適している。また、可変モードによれば、物体が大きく移動する場合にも物体の位置を把握することができる。一方、固定モードによれば、レンズの駆動制御を省略することができる。

【0043】図9及び図10はコンティニユアスモードにおける3次元カメラ2の動作を示すタイムチャートである。また、表2は制御信号の内容を示して

【0044】

【表2】

項目	内 容
RUN	撮影準備の完了を示す
SStart	計測の実行要求を示す
GALC	重心演算の進捗を示す
NextI	最新の画像の出力開始を示す
VSynC	画像出力のフレーム同期信号
フレームカウンタ	VSynCをカウントするカウンタ
OPR (図では「i」)	距離画像の出力周期の設定値 (フレーム数)

【0045】ここでは、システムコントローラ61に注目してその動作を説明する。

【1】スタート/ストップボタン27のオン又はホスト3からのスタートコマンドの入力に呼応して、撮影準備 (前処理) を開始する。撮影準備は、上述したように光投影法により対物間距離 d を求め、アクティブAF (A-AF)・投射角度の設定・レーザ強度の設定などを行う処理である。

【0046】【2】撮影準備が終了すると、CTRLレジスタR1のRUNビットを1にする。そして、SStartビットが1になるのを待つ。

【3】RUNビットが1になった後の最初のVSynCに呼応してSStartビットを1にするとともに、フレームカウンタをリセットする。SStartビットは次のVSynCで0に戻る。

【0047】【4】【5】SStartビットが1になれば、撮影条件を固定するためレンズ移動を禁止し、スリット光Uによる物体のスキニング (撮影) を開始する。これ以後の約0.8秒の期間において、システムコントローラ61はスキニング制御に専念し、レンズコントローラ58は、AFセンサ57による測距を実行する。この測距において、対物間距離の推移から次のス

キャンニング開始時の対物間距離を予想することができる。

【0048】〔6〕〔7〕 スキャンニングが終了すると、CTRLレジスタR1のGCALCビットを1にする。これを受けて、重心演算回路64は時間重心Npeakの算出を開始する。GCALCビットは、距離画像DGの生成が完了した時点で重心演算回路64により0にリセットされる。

【0049】 レンズコントローラ58に対してレンズ移動の再開を許可する。これを受けて、レンズコントローラ58は、AFセンサ57により対物間距離を測定してレンズ移動を行うパッシブAF（P-AF）を開始する。

【0050】 〔8〕〔9〕 GCALCビットが0になった後の最初のVSyncに呼応してNextIビットを1にするとともに、フレームメモリを切り換えて最新の距離画像DGの出力を開始する。この後、次のスキャンニングが行われて新たに距離画像DGが生成されるまで、同じ内容の距離画像DGを繰り返し出力する。NextIビットは、1にした後の最初のVSyncで0に戻る。

【0051】 〔10〕 距離画像DGとは別のポート（デジタル出力端子33）から撮影条件及び装置情報をホスト3に出力する。ホスト3はこの信号入力によって、最新の距離画像DGが出力されていることを認識する。所定のデータ出力が終わると、今回の撮影情報に基づいて次の撮影の距離条件及び露出条件を求める計算を実行し、SStartビットが1になるのを待つ。なお、この段階において、上述の可変モードであれば、パッシブAFの出力に基づいて対物間距離の変化を検出する。そして、許容値を越える対物間距離の変化があった場合には、改めて光投影法によって高精度の測距を行い、フォーカシングと撮影条件の算定を行う。

【0052】 〔11〕 フレームカウンタのカウント値が指定値（OPR）より1つ少ない値に達すると、次のVSyncでカウント値をリセットするとともに、SStartビットを1にする。さらに次のVSyncでSStartビットを0に戻す。なお、OPRはホスト側で手動設定される。つまり、ユーザーは所望の計測周期を設定することができる。

【0053】 〔12〕〔13〕 SStartビットが1になれば、〔4〕〔5〕と同様にレンズ移動を禁止してスキャンニング（撮影）を開始する。以降は〔6〕～〔11〕の動作を行い、SStartビットが1になる毎に、〔3〕～〔11〕の計測動作を繰り返す。ただし、スタート指示から数えて2番目以降の計測においては、装置情報の出力を省略する。

【0054】 〔14〕〔15〕 図10のように、再度のスタート/ストップボタン27のオン又はホスト3からのストップコマンドの入力に呼応して、RUNビットを0

に戻す。ストップ指示が重心演算の途中で行われた場合は、その時点でGCALCビットを0に戻す。どの時点でストップ指示が行われても、最後に得られた距離画像DGの出力を継続する。

【0055】 図11はワンショットモードにおける3次元カメラ2の動作を示すタイムチャートである。

〔21〕～〔29〕 上述のコンティニュアスモードにおける〔1〕～〔9〕と同様の動作を行う。

【0056】 〔30〕 NextIビットが1になれば、RUNビットを0に戻す。

〔31〕 デジタル出力端子33から撮影条件及び装置情報をホスト3に出力する。以降にスタート指示が行われ、新たな距離画像DGが得られるまで、最後に得られた距離画像DGの出力を継続する。

【0057】 図12は3次元カメラ2のシステムコントローラ61の動作のメインフローチャートである。電源が投入されると、CTRLレジスタR1のビットを含む制御パラメータの初期設定を行う（＃1）。ボタン操作又はホスト3からのコマンドに従ってモードを設定する（＃2）。このとき、ユーザーは、コンティニュアスモードにおける計測の周期をフレーム単位で設定することができる。

【0058】 スタート指示を受けると計測動作に移る（＃3）。AFモードが可変モードであれば第1スキャンシーケンスを実行し（＃4、5）、固定モードであれば第2スキャンシーケンスを実行する（＃6）。

【0059】 図13は第1スキャンシーケンス及び第2スキャンシーケンスのフローチャートである。図13（A）のように第1スキャンシーケンスでは、まずパッシブAFを開始し、3次元カメラ2に対する物体の相対的な移動に合わせてフォーカシングレンズ位置を調整する（＃51）。スタート指示を受けると、スキャンニング中のレンズ移動を防止するために、パッシブAFを停止するとともに、ズーミングを禁止する（＃52、53）。

【0060】 距離画像DGを得るためのスキャンニング処理を実行し、スキャンニングが終わるとパッシブAFを再開するとともに、ズーミングの禁止を解除する（＃54～56）。コマンド入力及び操作を受け付けた後、フレーム同期信号VSyncのカウント値が設定値に達するのを待って終了の適否をチェックする（＃57～59）。ワンショットモードの場合、又はコンティニュアスモードにおいて終了指示を受けた場合にはメインルーチンへリターンする。コンティニュアスモードにおいて終了指示がなければ、ステップ＃52に戻って計測を繰り返す。

【0061】 一方、図13（B）のように第2スキャンシーケンスでは、まずパッシブAFを開始し、スタート指示を受けるとパッシブAFを停止するとともにズーミングを禁止する（＃61～63）。スキャンニング処理

を実行した後、ズーミングの禁止を解除する（#64、65）。パッシブAFは再開しない。コマンド入力及び操作を受け付け、フレーム同期信号VSyncのカウント値が設定値に達するのを待って終了の適否をチェックする（#66～68）。ワンショットモードの場合、又はコンティニユアスモードにおいて終了指示を受けた場合にはメインルーチンへリターンする。コンティニユアスモードにおいて終了指示がなければ、ステップ#63に戻って計測を繰り返す。

【0062】図14は図13のスキヤニング処理（#54及び#64）のフローチャートである。上述のように被写体（計測対象の物体）までの距離は、測距センサ57によって常に測定されている。この距離（対物間距離）の変化量をチェックし、変化量が許容値を越える場合に、スリット光投影法により対物間距離を求めて撮影条件を決める設定処理を実行する（#100、101）。変化量が許容値を越えない場合であっても、スタート指示に呼応した1回目の計測のときには設定処理を実行する（#102）。つまり、原則として2回目以降の計測では設定処理（#100）を省略し、対物間距離の大きな変化があったときだけ設定処理を実行する。これにより、3次元計測の精度が確保され、制御の負担が軽減される。

【0063】コンティニユアスモードにおける撮影条件の設定モードとして距離計算モードが指定されている場合には、その時点の撮影条件で距離画像DGを得るスキヤニング制御を実行した後、直前の撮影情報に基づいて次の計測の撮影条件を算定するための処理として、投射角度の演算及びスリット光量の演算を行う（#103～106）。また、輝度計算モードが指定されている場合には、スキヤニング制御を実行した後、スリット光量の演算を行う（#107～109）。距離計算モード及び輝度計算モードのどちらも指定されていない場合、すなわちワンショットモードの場合は、スキヤニング制御を実行してメインルーチンへリターンする（#103、107、110）。

【0064】直前の撮影情報に基づいて次の計測の撮影条件を算定することにより、計測毎に予備計測を行って撮影条件を算定する場合と比べて、予備計測の所要時間分だけ計測周期を短縮することができる。また、計測では走査範囲の空間の詳しい情報が得られるので、各回の計測情報を次の計測の予備計測情報として利用する場合には、例えば一方向にスリット光Uを投射する予備計測による場合と比べて、よりの確な撮影条件の算定が可能である。

【0065】図15は投射角度の演算のフローチャートである。まず、距離画像を解析して対物間距離の代表値を決定する（#1051）。その決定方法には次の①～③を含む種々の方法がある。

【0066】①画像全体から均一に画素をサンプリング

し、最も短い距離を代表値とする。これによれば、画像中の背景部分の距離を代表値とする誤りを避けることができる。

【0067】②画像の中央付近の縦横に並ぶ複数個の画素をサンプリングし、距離の平均値又は中間値を代表値とする。この方法は、ノイズの影響が小さい利点をもつ。

③①と②とを組み合わせた方法であり、画像を均等に分割した各エリアから縦横に並ぶ複数個の画素をサンプリングするものである。

【0068】次に、代表値、画素ピッチなどの装置条件、及び焦点距離などの撮影条件に基づいて、三角測量の原理を適用して実際の距離を求める（#1052）。そして、求めた距離の位置の前後の所定範囲が計測対象となるように、スキヤニングにおける投射の開始角度及び終了角度を設定する。

【0069】図16はスリット光量の演算のフローチャートである。メモリ63のメモリバンク63Cが記憶するn番目のフィールドの受光データ（反射光量）を均一にサンプリングし、最も大きいサンプリング値を代表値とする。このとき、最も大きいサンプリング値が上限値である場合、すなわち計測用センサ53の受光量が飽和している場合には、 $(n \pm 1)$ 番目のフィールドの注目画素の受光データに基づいて補間演算によって最大光量を求め、その結果を代表値とする（#1061）。

【0070】次に、代表値に応じて、計測用センサ53の受光量が最適値になるように、スリット光量の設定値を増減する（#1062）。このとき、必要に応じてスリット光量の調整と合わせて計測用センサ53の露出時間を調整することにより、受光量を最適化する。

【0071】図17は図14の設定処理のフローチャートである。操作又はコマンド入力による撮影距離の指定がなければ、スリット光Uを照射して撮影情報に基づいて対物間距離を求め、求めた距離の位置の前後の所定範囲が計測対象となるように、スキヤニングにおける投射の開始角度及び終了角度を設定する（#1011～1015）。そして、スリット光量の指定がない場合は、撮影情報に基づいて、計測用センサ53の受光量が最適値になるようにスリット光量の設定値を増減する（#1015、1019）。

【0072】撮影距離の指定があり且つスリット光量の指定がない場合は、スリット光Uを照射し、撮影情報に基づいてスリット光量の設定値を増減する（#1016～1019）。

【0073】図18はホスト3の計測処理のフローチャートである。3次元カメラ2に対してスタートコマンドを送出し、撮影条件データDSの入力を待つ（#31、32）。

【0074】撮影条件データDSの入力に呼応して、距離画像DGを1回分の計測情報として取り込む（#3

3)。そして、距離画像DGに対する情報処理を行う(#34)。この情報処理としては、距離画像DGと撮影条件とに基づく座標演算、距離画像DGの記録媒体への書き込みなどがある。予め定められた終了条件(時間、取り込み数終了操作)が成立するまで、撮影条件データDSの入力に呼応した最新の距離画像DGの取り込みを繰り返す。

【0075】終了条件が成立すると、3次元カメラ2に対してストップコマンドを送出し、計測処理を終える(#35)。なお、ユーザーは、ホスト3のディスプレイ3b上で距離画像DGを表示させて計測の状況をモニターすることができる。距離画像DGと2次元のカラー撮影画像とを表示させることも可能である。

【0076】上述の実施形態によれば、撮影条件データDSが距離画像DGの取り込み制御信号として利用されるので、取り込み制御信号を別途に設ける必要がない。ユーザーは、コンティニユアスモードにおける計測の周期を、用途に応じてフレーム単位で変更することができる。

【0077】

【発明の効果】請求項1乃至請求項3の発明によれば、周期的に計測を行い且つ各回の計測条件の設定を用途に適合させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る計測システムの構成図である。

【図2】3次元カメラの外観を示す図である。

【図3】3次元カメラの機能構成を示すブロック図である。

【図4】計測システムにおける3次元位置の算出の原理図である。

【図5】出力処理回路及びメモリのブロック図である。

【図6】センサの読出し範囲を示す図である。

【図7】重心演算回路のブロック図である。

【図8】光学系の各点と物体との関係を示す図である。

【図9】コンティニユアスモードにおける3次元カメラの動作を示すタイムチャートである。

【図10】コンティニユアスモードにおける3次元カメラの動作を示すタイムチャートである。

【図11】ワンショットモードにおける3次元カメラの動作を示すタイムチャートである。

【図12】3次元カメラのシステムコントローラの動作のメインフローチャートである。

【図13】第1スキャンシーケンス及び第2スキャンシーケンスのフローチャートである。

【図14】図13のスキャンニング処理のフローチャートである。

【図15】投射角度の演算のフローチャートである。

【図16】スリット光量の演算のフローチャートである。

【図17】図14の設定処理のフローチャートである。

【図18】ホストの計測処理のフローチャートである。

【符号の説明】

2 3次元カメラ(3次元計測装置)

40 投光系(投光手段)

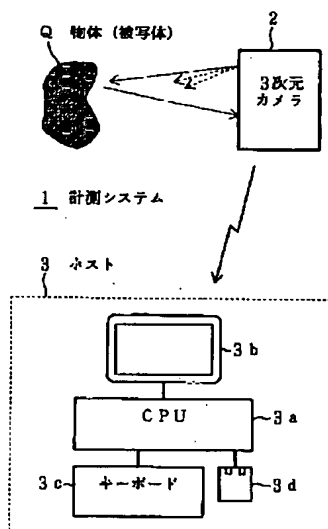
53 計測用センサ(撮像手段)

61 システムコントローラ(予備測定手段、制御手段)

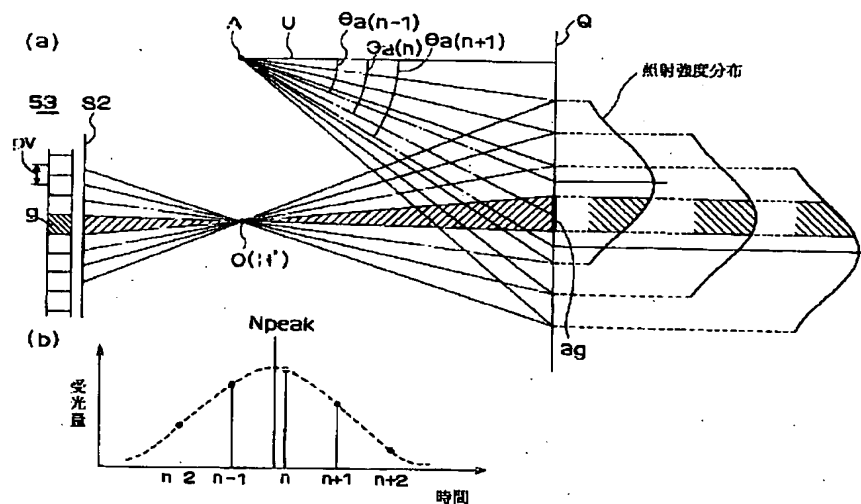
Q 物体

U スリット光(検出光)

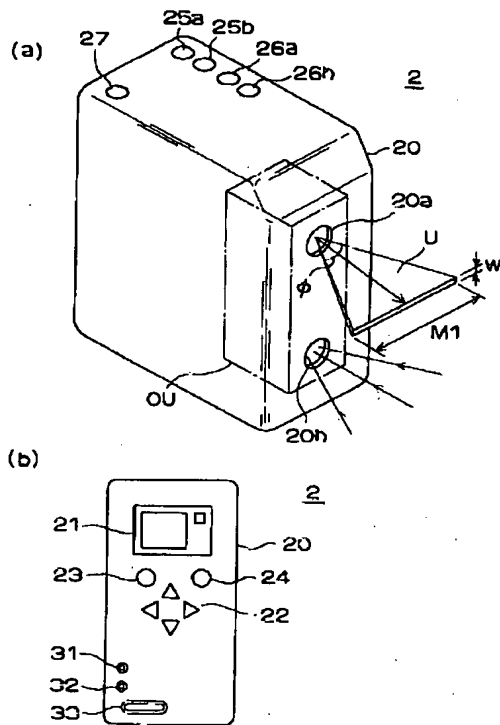
【図1】



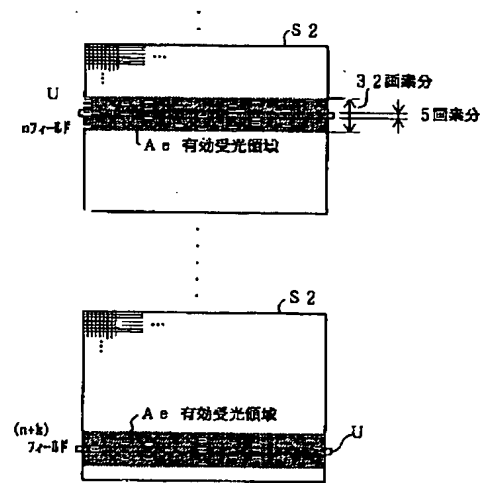
【図4】



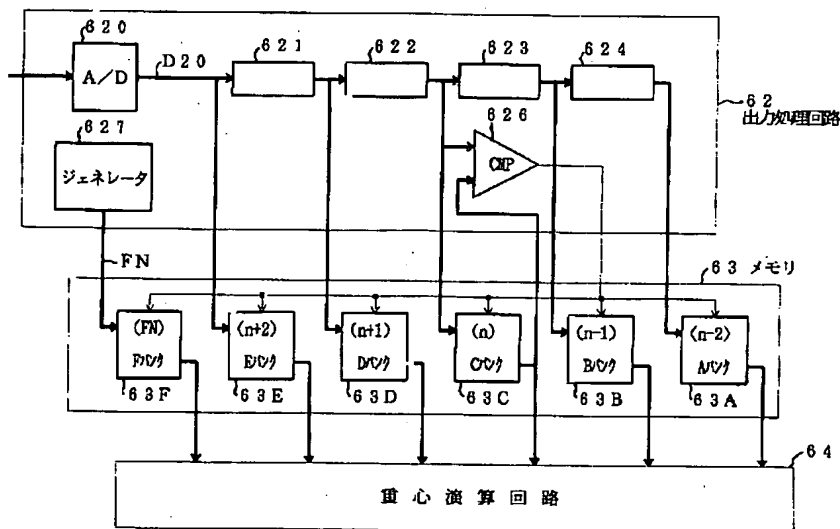
【図2】



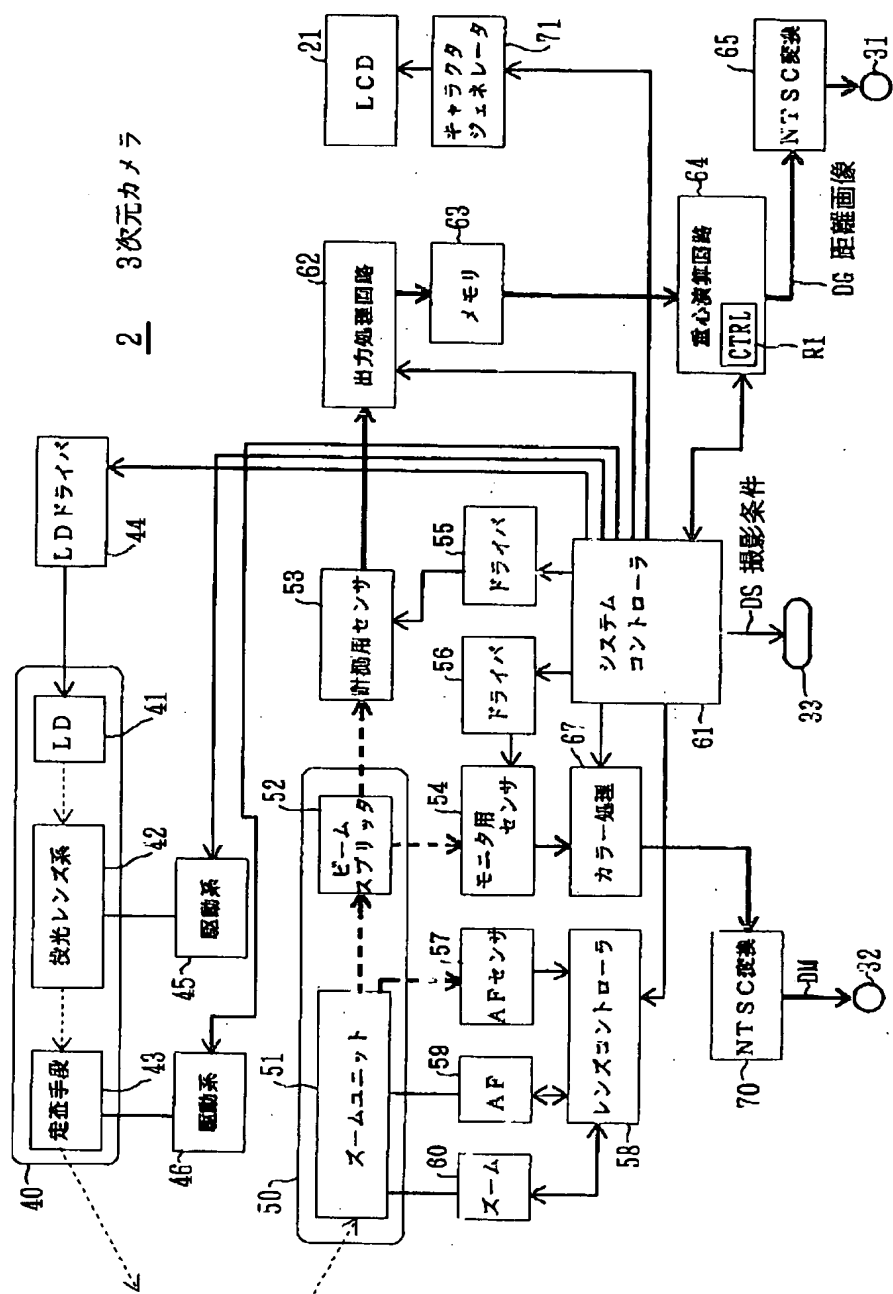
【図6】



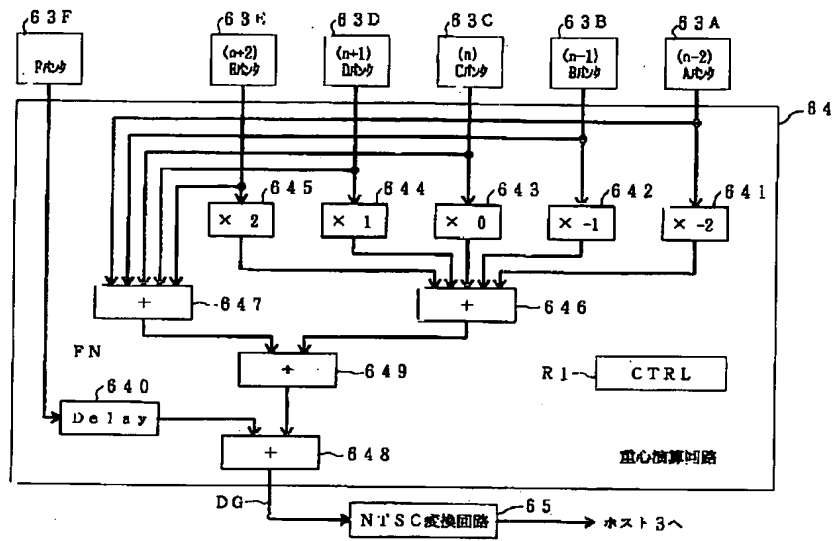
【図5】



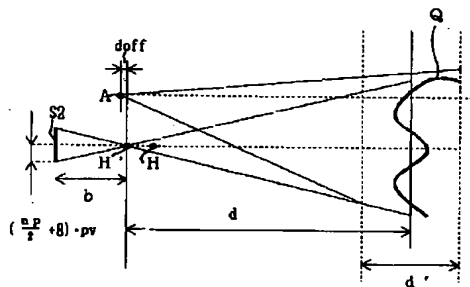
2 3次元カメラ



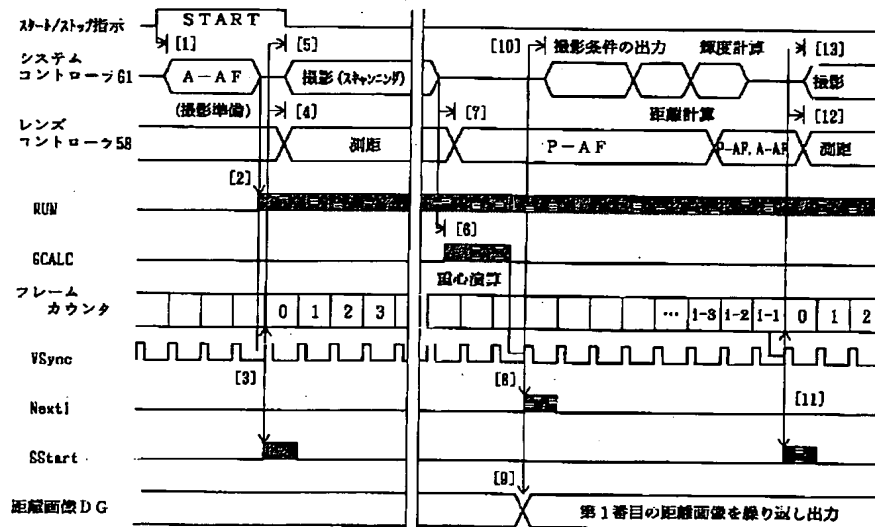
【図7】



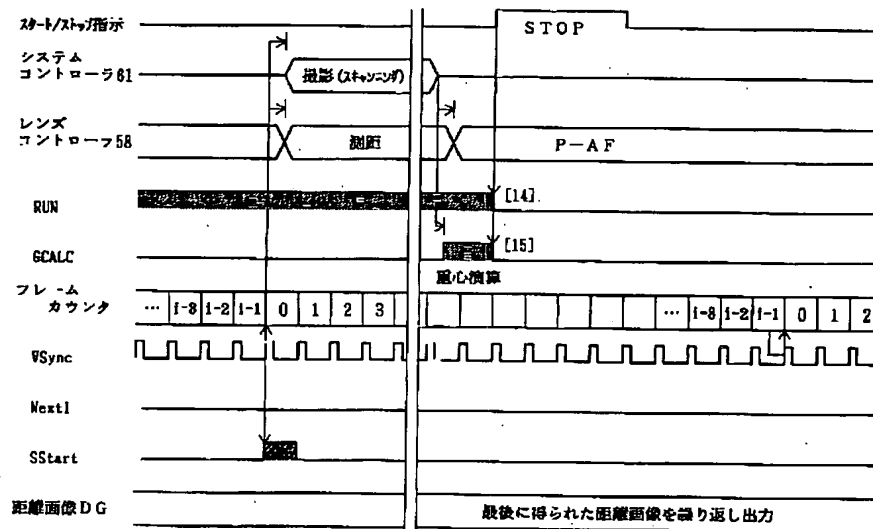
【図8】



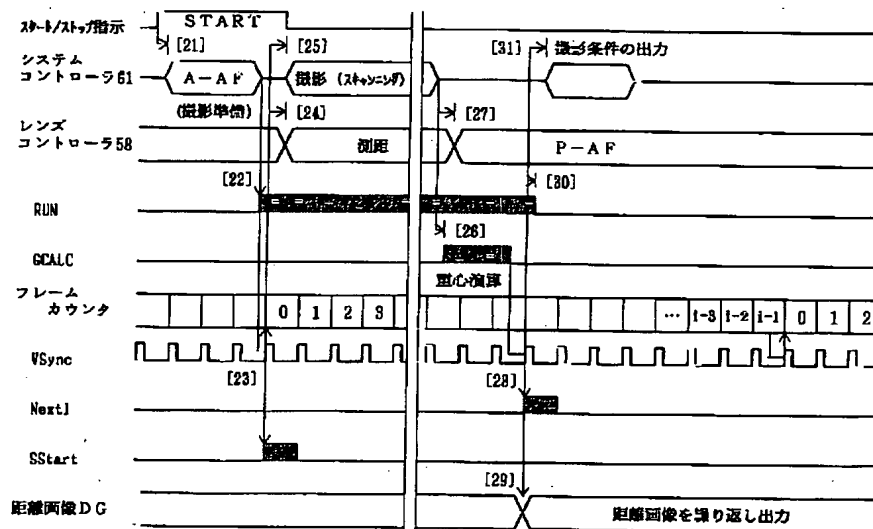
【図9】



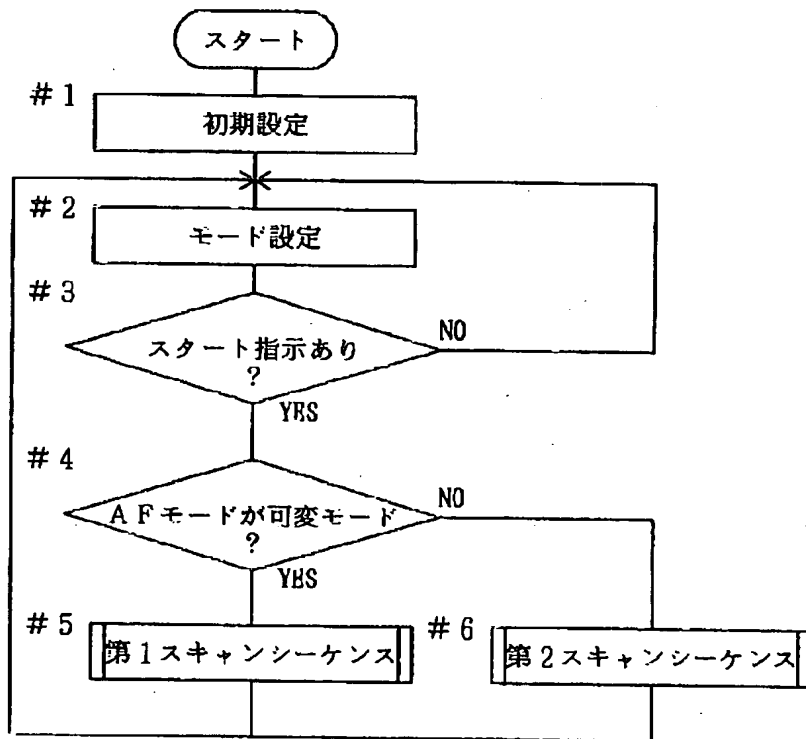
【図10】



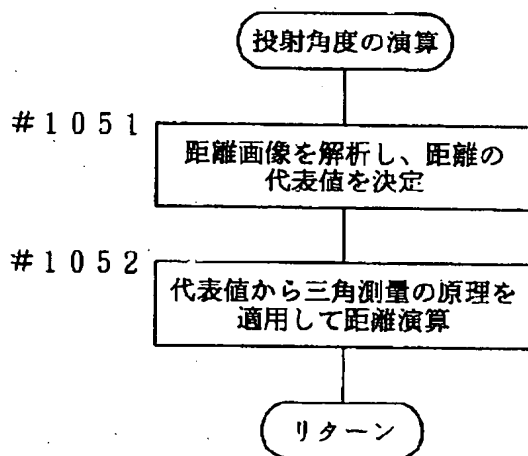
【図11】



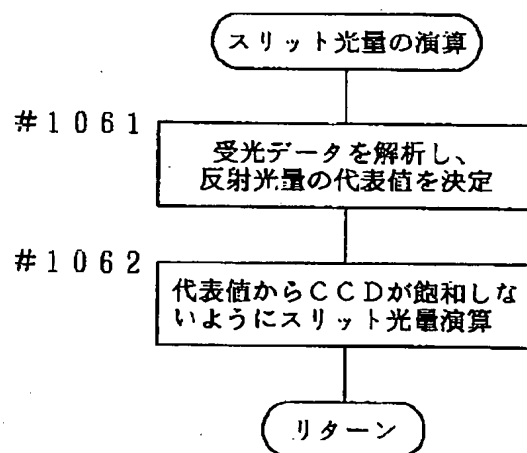
【図12】



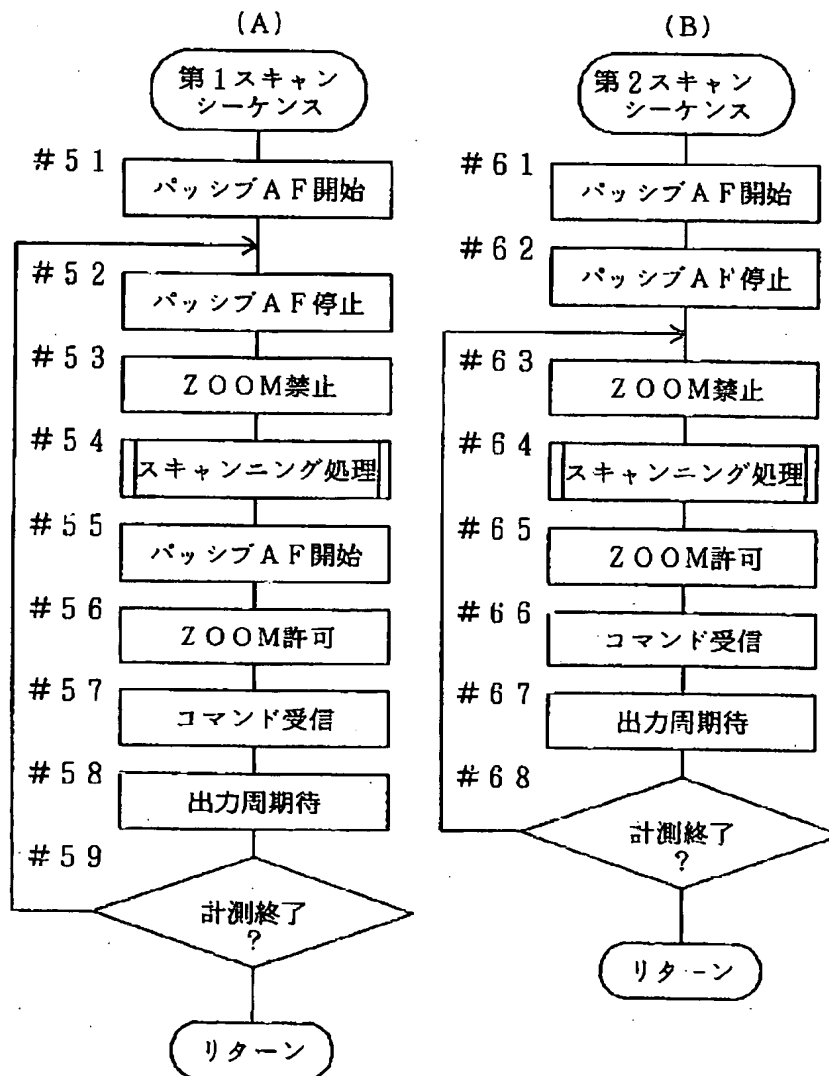
【図15】



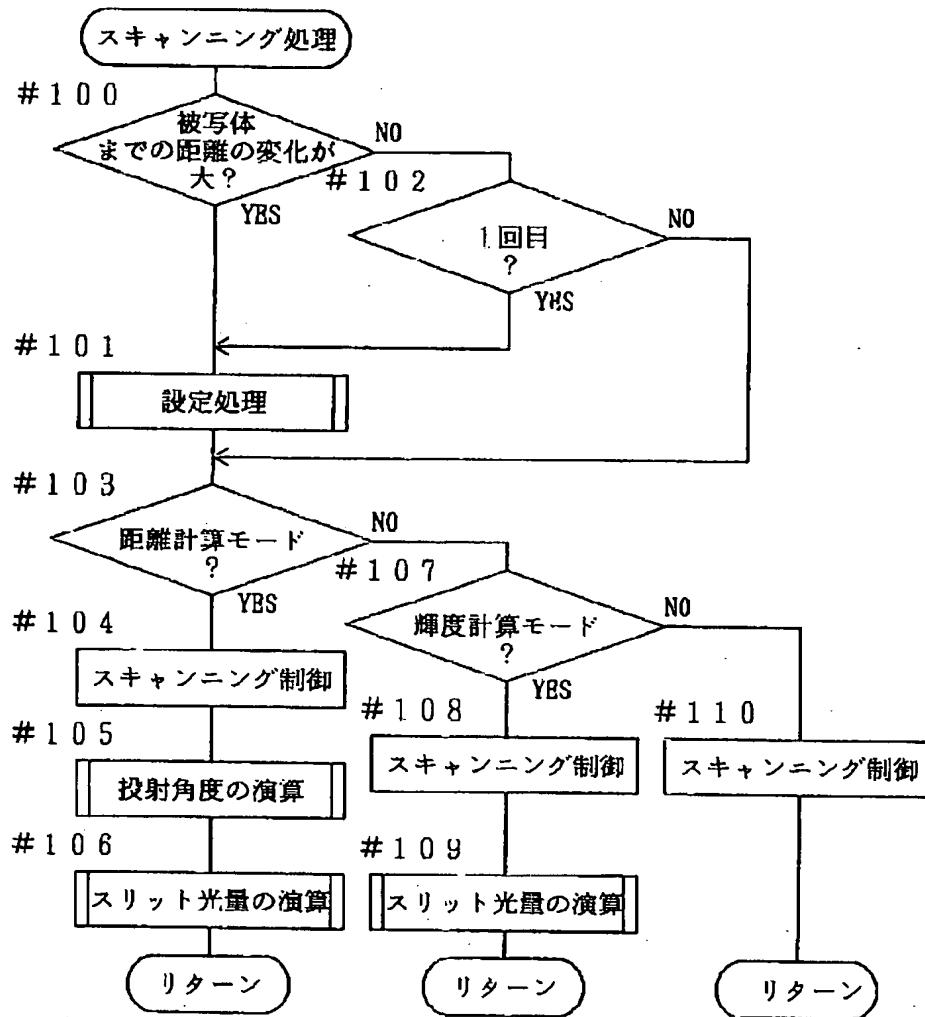
【図16】



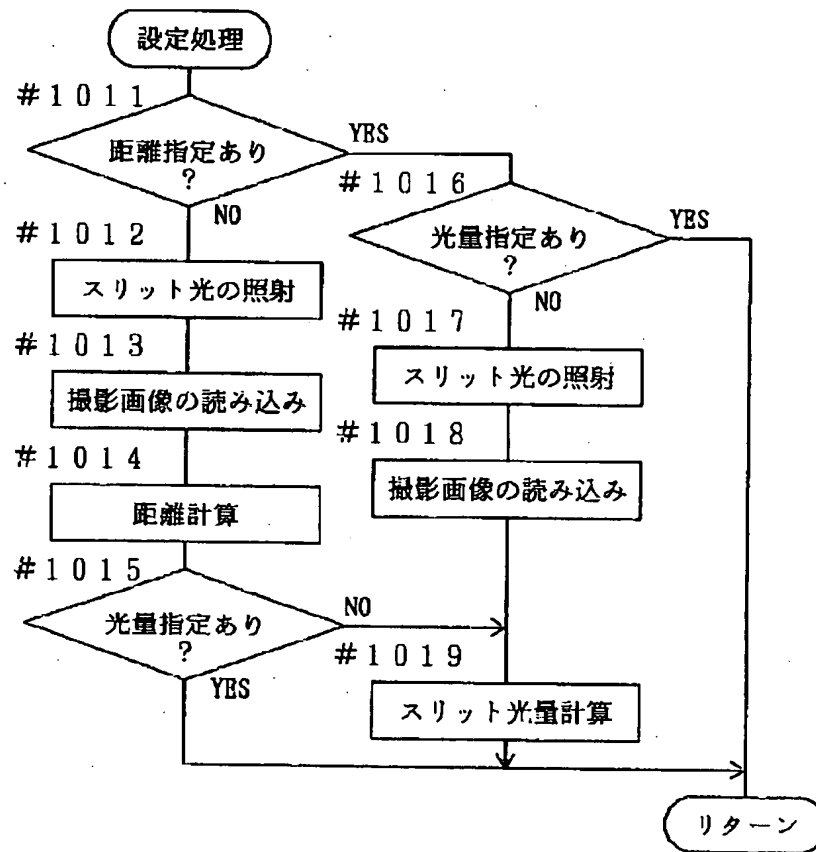
【図13】



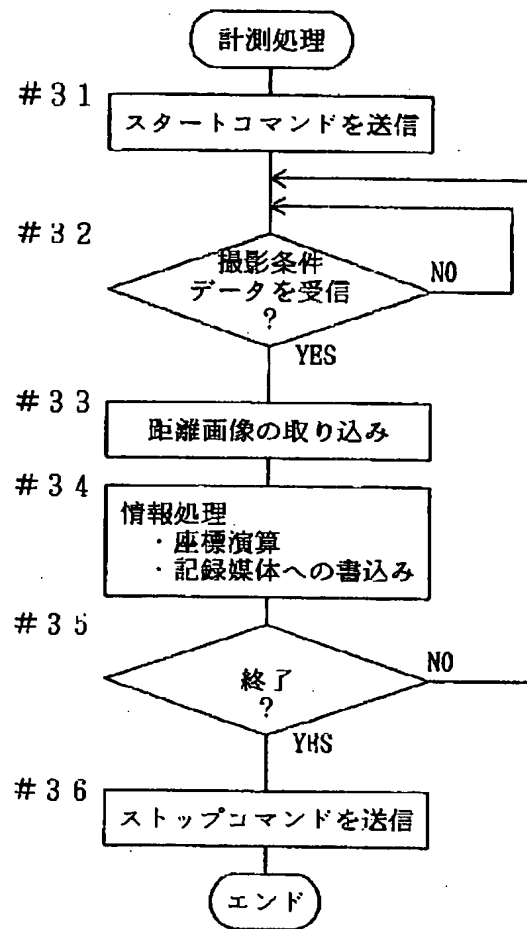
【図14】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 上古 琢人
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 井手 英一
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内